



Caractérisation expérimentale en traction/compression/torsion d'un matériau biosourcé type PHA

Erwan Guitton, H Laurent, G Rio, Y-M Corre, S Bruzaud, Y Grohens

► To cite this version:

Erwan Guitton, H Laurent, G Rio, Y-M Corre, S Bruzaud, et al.. Caractérisation expérimentale en traction/compression/torsion d'un matériau biosourcé type PHA. DEPOS24, Sep 2012, Ecully, France. hal-01229402

HAL Id: hal-01229402

<https://hal.science/hal-01229402>

Submitted on 23 Nov 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

« Caractérisation expérimentale en traction/compression/torsion d'un matériau biosourcé type PHA »

E. Guitten, H. Laurent, G. Rio, Y-M. Corre, S. Bruzard, Y. Grohens

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de Bretagne(LIMATB)

Université de Bretagne Sud - Lorient

De nouveaux matériaux polymères biosourcés et biodégradables ont fait leur apparition depuis une dizaine d'années. Ces nouveaux matériaux sont une réponse intéressante aux problèmes de ressource et de recyclage posés par les polymères classiques provenant de la pétrochimie. Ils présentent le double avantage d'être issus de la biomasse, mais également d'être compostables, c'est-à-dire qu'il ne génère aucun toxique en se dégradant, sous certaines conditions spécifiques d'humidité et de température.

Nous nous intéressons dans ce travail à une classe particulière de ces nouveaux matériaux biopolymères produits par des micro-organismes : les PolyHydroxyAlcanoates (ou PHA). Les PHA sont des polymères biosourcés, produits par une grande variété de bactéries (*Ralstonia*, *Pseudomonas*,...) en tant que réserve énergétique intracellulaire. Ces matériaux présentent malgré tout un défaut important : leur élaboration reste encore souvent difficile à contrôler conduisant à un coût de production souvent prohibitif et limitant leur dissémination dans des secteurs plus conventionnels comme par exemple celui de l'emballage. Pour que ces matériaux aient une diffusion plus importante dans ce secteur, il s'avère nécessaire d'optimiser la forme et la tenue mécanique de ces produits d'emballage. Cela nécessite une bien meilleure connaissance de leur comportement mécanique encore peu connue pour l'instant.

Dans ce contexte, cette étude a pour objectif de caractériser expérimentalement puis numériquement le comportement de nuances de PHA [1]. Le but est ensuite d'aboutir à un outil numérique de calcul, capable de dimensionner et simuler le comportement thermo-mécanique de pièces d'emballages en PHA telles que ceux produits par la société EUROPLASTIQUES, partenaire industriel de ce projet. Parallèlement à ce matériau biosourcé, nous étudions également un polymère plus classique, le polypropylène, avec deux objectifs. Tout d'abord l'idée est de valider la méthodologie d'essai, compte tenu du fait que l'on dispose déjà d'une identification partielle d'une nuance de polypropylène, le PPC7712 [2]. D'autre part, ce polypropylène étant également utilisé en emballage, il permettra des comparaisons finales sur les comportements de structures.

Pour la caractérisation mécanique de ces matériaux, un dispositif original a été conçu permettant la réalisation d'essais de cycles multiaxiaux simultanés comprenant des phases de traction, torsion et de compression. Ce dispositif comprend une cellule de force à six axes et d'un montage spécifique pour le serrage et le maintien d'une éprouvette cylindrique (Figure 1). Cette éprouvette est obtenue par injection, elle se compose d'une partie cylindrique et de deux têtes hexagonales (Figure 2). Contrairement, aux essais classiques, où les éprouvettes sont maintenues et entraînées par serrage, l'éprouvette est ici liée par obstacle dans les deux sens des trois directions, sans serrage afin d'éviter, autant que possible, l'apparition de contraintes mécaniques initiales. Un système de mors comprenant des plateaux, des vis et des empreintes hexagonales permettent le blocage total de l'éprouvette, quel que soit l'essai envisagé. Le dispositif prend aussi en compte la dispersion prévisible des dimensions des têtes d'éprouvette par l'intermédiaire de lamelles flexibles entre l'accouplement au vérin et le blocage des têtes. Les déformations sont mesurées directement sur l'échantillon grâce à un dispositif de corrélation d'images en 3D (Aramis 4M, GOM), permettant également de vérifier l'homogénéité de la cinématique.

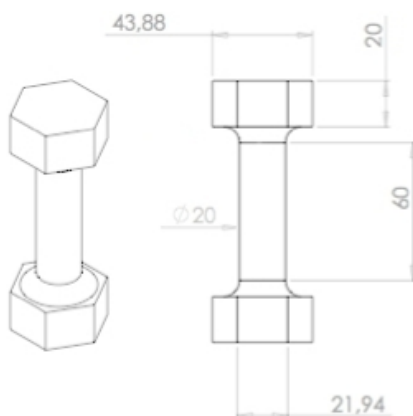


Figure 2: Éprouvette de chargement multiaxial

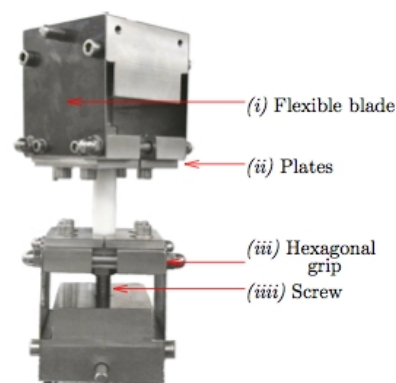


Figure 1: Dispositif d'essais multiaxiaux

Ce montage original autorise des cycles de sollicitations successives ou combinées de traction, compression et de torsion (Figure 3), à partir d'une seule géométrie d'éprouvette. Dans la littérature, les essais de traction et de cisaillement sont réalisés habituellement avec des éprouvettes de géométrie spécifique à chaque essai. Dans ce cas, il est difficile d'être sûr d'étudier la même structure de matériau, celle-ci étant fortement dépendante du type d'élaboration et des cinétiques de refroidissement, elles-mêmes directement liées aux dimensions géométriques. Le dispositif expérimental développé ici permet d'effectuer des chemins complexes avec changements de direction et de cycles au cours d'un même essai et sur la même éprouvette, autorisant ainsi l'exploration de tout le plan déviatoire de déformation avec prise en compte de l'histoire du chargement.

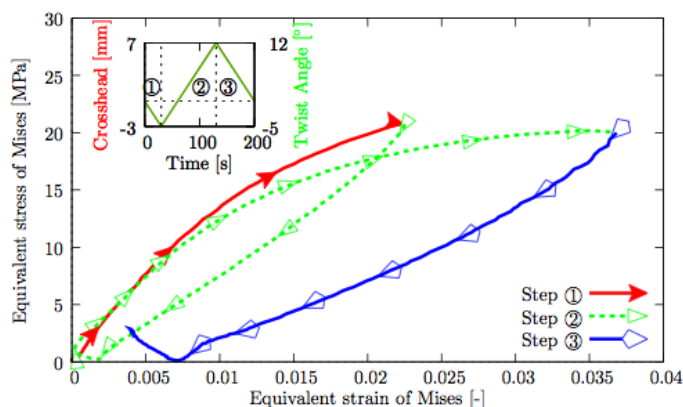


Figure 3: Essai comprenant une phase de compression/torsion combinée suivi d'une phase de traction/torsion et d'un retour à l'état d'origine

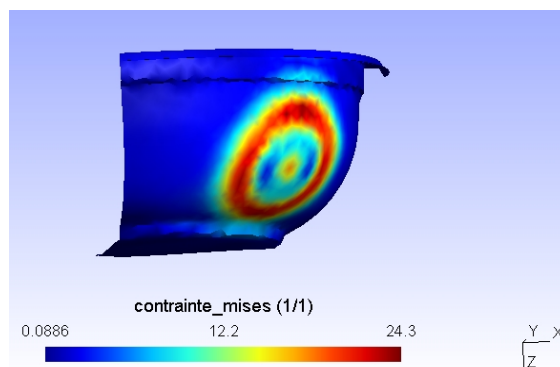


Figure 4: Contraintes de Von Mises sur un 1/4 de bol soumis à un chargement ponctuel

Pour la simulation du comportement de structures, nous utilisons un modèle de comportement 3D d'Hyper-Visco-Hystérésis (HVH) [2], implanté dans le code de calcul Herezh++ [3]. Il tient sa singularité au fait que le comportement du matériau est décomposé en une contribution additive. Tout en incluant un potentiel hyperélastique, cette loi permet de décrire le phénomène d'hystérésis non-visqueux ainsi qu'une dépendance au temps du matériau. Le protocole d'identification, permettant l'obtention des paramètres utiles à ce modèle, est simple et rapide car il ne nécessite qu'un unique type d'essais de traction/compression relaxation [4].

À l'aide du dispositif présenté précédemment, une première série d'essais a été menée, permettant en particulier la validation de la méthodologie proposée. Il est à noter que la nuance de PHA étudiée présente une raideur importante et une plage d'utilisation en déformation faible (<5%). Ces données expérimentales ont permis une identification des paramètres matériaux du modèle HVH. Le comportement de pièces d'emballages, réalisées par la société EUROPLASTIQUES a été ensuite simulé. La figure 4 présente un exemple de résultats numériques sur un bol d'emballage dans le cas d'un chargement ponctuel, simulé à l'aide d'éléments coques.

Ces premiers résultats sont encourageants, il est nécessaire maintenant de valider le comportement final de la structure. Ce travail se poursuit également par l'étude en température du matériau. L'objectif à terme est aussi de contribuer à la promotion des PHA, matériaux prometteurs en terme d'impact environnemental.

Remerciement : Ce travail bénéficie du soutien financier de la Région Bretagne et du Conseil Général du Morbihan.

Références Bibliographiques

- [1] Y-M. Corre, S. Bruzard, J-L. Audic, Y. Grohens, Morphology and functional properties of commercial polyhydroxyalkanoates: A comprehensive and comparative study, *Polymer Testing* 31 (2012) 226–235. doi:10.1016/j.polymertesting.2011.11.002
- [2] M. Zrida, H. Laurent, G. Rio, S. Pimbert, V. Grolleau, N. Masmoudi, C. Bradai, Experimental and numerical study of polypropylene behavior using an hyper- visco-hysteresis constitutive law, *Computational Materials Science* 45 (2) (2009) 516–527. doi:10.1016/j.commatsci.2008.11.017
- [3] G. Rio, *Herezh++* (2006), certification IDDN-FR-010-0106078-000-R-P-2006-035- 20600
- [4] A. Vandenbroucke, H. Laurent, N. Aït Hocine, G. Rio, A Hyperelasto-Visco-Hysteresis model for an elastomeric behaviour: experimental and numerical investigations, *Computational Materials Science* 48 (3) (2010) 495–503. doi:10.1016/j.commatsci.2010.02.012